

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2003-33854
(P2003-33854A)

(43)公開日 平成15年2月4日(2003.2.4)

(51)Int.Cl.⁷
B 2 2 D 11/20

識別記号

F I
B 2 2 D 11/20

テーマコード*(参考)

B 4 E 0 0 4
A

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 11 頁)

(21)出願番号 特願2001-218341(P2001-218341)

(22)出願日 平成13年7月18日(2001.7.18)

(71)出願人 000006655

新日本製鐵株式会社

東京都千代田区大手町2丁目6番3号

(72)発明者 黒川 哲明

千葉県富津市新富20-1 新日本製鐵株式
会社技術開発本部内

(72)発明者 鈴木 恵

千葉県君津市君津1番地 新日本製鐵株式
社 君津製鐵所内

(74)代理人 100091269

弁理士 半田 昌男

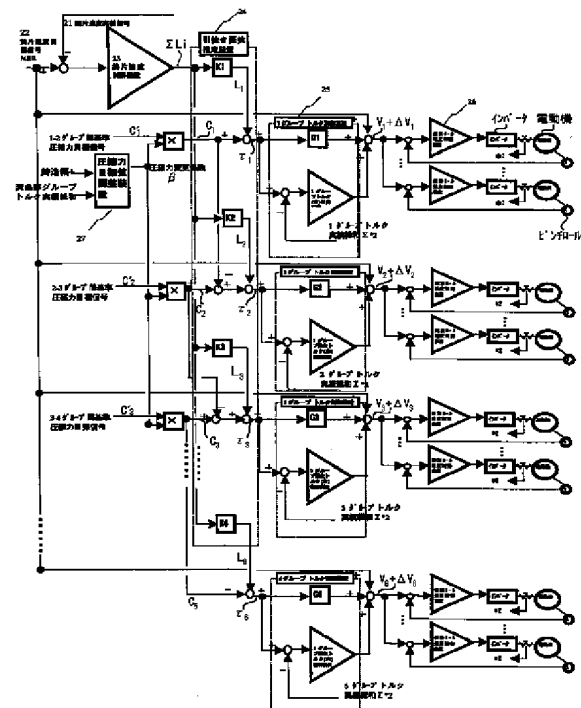
Fターム(参考) 4E004 MC05 MC06 NA01 NC01

(54)【発明の名称】 連続鋳造機の鋳片圧縮力制御装置

(57)【要約】

【課題】 鋳造時のロールたわみなどの影響により鋳片に加わる圧縮力変動を低減させ常に適正な圧縮力を付与することにより、良好な鋳片品質を確保する。

【解決手段】 ピンチロール毎に垂下特性付き速度制御を行う個別ロール速度制御装置26と、鋳片の搬送速度に基づいて鋳片全体の引抜き速度を制御する鋳片速度制御装置23と、複数のピンチロールを複数のグループに分け、各グループでの引抜き抵抗の推定値を鋳片速度制御装置23の出力と各グループのピンチロール加圧力とに基づいて求める引抜き抵抗推定装置24と、各グループ間の圧縮力目標値と当該グループでの引抜き抵抗の推定値とに基づいて各グループ毎のトルク目標値を定め、そのグループ毎のトルク目標値と当該グループの実績出力トルクとに基づいてフィードバック制御を行い、その出力を個別ロール速度制御装置26の速度補正量とするトルク制御装置25とを具備する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 ロール駆動電動機及び駆動制御装置をピンチロール毎に個別に持つ湾曲型連続鋳造機の鋳圧縮力制御装置において、
ピンチロール毎に垂下特性付き速度制御を行う個別ロール速度制御手段と、
鋳片の搬送速度に基づいて鋳片全体の引抜き速度を制御する鋳片速度制御手段と、
複数のピンチロールを複数のグループに分け、各グループにて発生する引抜き抵抗の推定値を前記鋳片速度制御手段の出力と各グループのピンチロール加圧力とに基づいて求める引抜き抵抗推定手段と、
各グループの間における圧縮力目標値と前記引抜き抵抗推定手段により出力される当該グループにて発生する引抜き抵抗の推定値とに基づいて各グループ毎に出力すべきピンチロールトルク目標値を定め、そのグループ毎のピンチロールトルク目標値と当該グループの実績出力トルクとに基づいてフィードバック制御を行い、その出力を前記個別ロール速度制御手段の速度補正量とするグループトルク制御手段と、
を具備することを特徴とする連続鋳造機の鋳片圧縮力制御装置。

【請求項2】 前記フィードバック制御は、湾曲部に属するグループでは比例制御、水平部に属するグループでは比例及び積分制御を行うようにしたことを特徴とする請求項1記載の連続鋳造機の鋳片圧縮力制御装置。

【請求項3】 前記グループトルク制御手段は、前記フィードバック制御に加えて、前記グループ毎のピンチロールトルク目標値に対応した前記個別ロール速度制御手段の速度補正量を定めるフィードフォワード制御を合わせて行うようにしたことを特徴とする請求項1又は2記載の連続鋳造機の鋳片圧縮力制御装置。

【請求項4】 鋳造する鋳片の幅に基づいて鋳片と湾曲部に属するピンチロールとのスリップ安全限界トルクを求め、その求めた湾曲部のスリップ安全限界トルクと湾曲部のロール駆動電動機の駆動トルクとを比較することにより常に当該湾曲部のロール駆動電動機の駆動トルクが略当該湾曲部のスリップ安全限界トルクとなるように圧縮力変更係数を算出し、その算出した圧縮力変更係数を外部より与えられる各グループの間の基準圧縮力目標値に乗ずることにより鋳片に対する前記圧縮力目標値を求める圧縮力目標値調整手段を具備することを特徴とする請求項1、2又は3記載の連続鋳造機の鋳片圧縮力制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、湾曲型の連続鋳造機において、湾曲部から水平部への矯正点において鋳片に対し適正な圧縮力を与えることにより、鋳片の内部及び表面の割れを防止することを目的とした連続鋳造機の

鋳片圧縮力制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来の圧縮力制御方法について、図1を用いて説明を行う。図1のようにモールド1より溶鋼を注湯する湾曲型の連続鋳造機ではピンチロール3、4により鋳片2が湾曲部から水平部に引き抜かれていく。その際、途中での曲率変化点P₁（矯正点5）では、円弧鋳片を水平に矯正することによる応力が発生する。その方向は鋳片上面（L面）側のシェルに対して引っ張り応力、鋳片下面（F面）側のシェルに対しては圧縮応力となる。このうち、鋳片上面シェルに発生する引っ張り応力は、シェル内部にも影響し機械的に脆弱な凝固界面付近での内部割れの原因となり、同じく表面においては表面割れの発生または助長の要因となる。そこで、鋳片2の割れ防止のため、矯正点5での引っ張り応力で発生する歪みをなくすよう、水平部の駆動ロール4に制動力を発生させ、矯正点5において故意に鋳片2を圧縮する鋳造を実施している（以降、これを圧縮鋳造と略す。）。

【0003】圧縮鋳造を実現するため、従来技術では、湾曲部のピンチロール3の駆動モータは、速度制御装置6により速度制御を実施しており、水平部のピンチロール4の駆動モータは、トルク制御装置7によりトルク一定制御を実施している。

【0004】まず、湾曲部ピンチロール（PR）3の速度制御装置6は、共通の速度指令値に対して、駆動ロール3毎に独立に垂下特性付き速度制御を実施しており、更にそれらの駆動ロール3の負荷バランスを均一に保つため、個別のロール速度を平均化したものを鋳片全体速度とみなし（例えば、特開昭56-126061号公報「連続鋳造設備における鋳片引き抜き装置用制御装置」では、湾曲部ピンチロール3のロール速度を代表速度演算部8により算出した結果を鋳片全体速度とみなしている。）、該鋳片全体速度をフィードバックして単一の鋳片全体の速度制御ループを構成し、その制御出力を各駆動ロール3に対し、トルク補正指令として均等に分配している。ここで、代表速度制御部9は、代表速度演算部8で算出された結果に基づいてトルク補正指令を各速度制御装置6に送出するものである。

【0005】一方、水平部ピンチロール（PR）4のトルク一定制御は、矯正点5にて発生させる圧縮力〔トン〕を得るために設定され、それを水平部駆動ピンチロール4の個数で案分し、各ピンチロール4のトルク設定値としている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】図2に従来制御を実施した場合の湾曲部ピンチロール発生力のタイムチャートを表わすグラフを示す。グラフから判るように、速度制御を実施している湾曲部では、周期的なトルク変動が発生している。このトルク変動信号に対し周波数解析（FFT）を実施したところ、水平部のロール回転周期がト

ルク変動発生の原因であることが判明した。

【0007】即ち、この原因は、水平部でのロール4の偏芯、ロール4の曲がり等により発生している引抜き負荷（抵抗）変動を、その発生場所である水平部にてトルク一定制御を実施しているために、その水平部で除去することができず、速度制御を実施している湾曲部がその負荷変動を荷っているためである。この状況を鋳片2に働く応力で見ると、上述した水平部の個々のロール4にて発生している負荷変動が応力変動として上流側方向へ向かうにつれ蓄積され、速度制御実施領域とトルク制御実施領域の境界である矯正点5の近傍にて最大の応力変動を与えることとなる。この状況を図3の応力分布図に示す。同図は、異鋼種の繋ぎ目において、一定時間、鋳片2を停止した後、再スタートした際に発生した圧縮力変動範囲を連続鋳造機の機長全体に渡って表わした分布図である。これより、矯正点5（図3において、47番ロールと57番ロールとの間）において最大の応力変動（10～20トン程度）が発生していることが判る。この際、圧縮力が下限にあるとき、前述した矯正点5での鋳片上面シェルに発生する引っ張り応力による歪みを打ち消すために必要な圧縮力が確保できなくなり、鋳片2の割れをもたらすものと推定される。ここで、この対策として圧縮力が変動しても十分に必要な圧縮力が確保できるだけ絶対量を大きくするという方法も有効と考えられるが、鋳片2とロール4とのスリップ安全限界を超える可能性があり、むやみに圧縮力目標値を上げることは難しい。

【0008】従って、本発明の目的は、上述した圧縮力変動を低減させ常に適正な圧縮力を鋳片に対して付与することにより、良好な鋳片品質を確保することにある。更に、本発明の目的は、常にスリップ安全限界まで圧縮力目標値を上げると共に適正な圧縮力を鋳片に対して付与することにより、良好な鋳片品質を確保することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するための請求項1記載の発明は、ロール駆動電動機及び駆動制御装置をピンチロール毎に個別に持つ湾曲型連続鋳造機の鋳圧縮力制御装置において、ピンチロール毎に垂下特性付き速度制御を行う個別ロール速度制御手段と、鋳片の搬送速度に基づいて鋳片全体の引抜き速度を制御する鋳片速度制御手段と、複数のピンチロールを複数のグループに分け、各グループにて発生する引抜き抵抗の推定値を前記鋳片速度制御手段の出力と各グループのピンチロール加圧力とに基づいて求める引抜き抵抗推定手段と、各グループの間における圧縮力目標値と前記引抜き抵抗推定手段により出力される当該グループにて発生する引抜き抵抗の推定値とに基づいて各グループ毎に出力すべきピンチロールトルク目標値を定め、そのグループ毎のピンチロールトルク目標値と当該グループの実績出

力トルクとに基づいてフィードバック制御を行い、その出力を前記個別ロール速度制御手段の速度補正量とするグループトルク制御手段と、を具備することを特徴とするものである。

【0010】また、請求項2記載の発明は、請求項1記載の連続鋳造機の鋳片圧縮力制御装置において、前記フィードバック制御は、湾曲部に属するグループでは比例制御、水平部に属するグループでは比例及び積分制御を行うようにしたことを特徴とするものである。

【0011】また、請求項3記載の発明は、請求項1又は2記載の連続鋳造機の鋳片圧縮力制御装置において、前記グループトルク制御手段は、前記フィードバック制御に加えて、前記グループ毎のピンチロールトルク目標値に対応した前記個別ロール速度制御手段の速度補正量を定めるフィードフォワード制御を合わせて行うようにしたことを特徴とするものである。

【0012】更に、請求項4記載の発明は、請求項1、2又は3記載の連続鋳造機の鋳片圧縮力制御装置において、鋳造する鋳片の幅に基づいて鋳片と湾曲部に属するピンチロールとのスリップ安全限界トルクを求め、その求めた湾曲部のスリップ安全限界トルクと湾曲部のロール駆動電動機の駆動トルクとを比較することにより常に当該湾曲部のロール駆動電動機の駆動トルクが略当該湾曲部のスリップ安全限界トルクとなるように圧縮力変更係数を算出し、その算出した圧縮力変更係数を外部より与えられる各グループの間の基準圧縮力目標値に乗ずることにより鋳片に対する前記圧縮力目標値を求める圧縮力目標値調整手段を具備することを特徴とするものである。

【0013】

【発明の実施の形態】以下に、本発明の一実施形態である連続鋳造機の鋳片圧縮力制御装置について図面を参照して説明する。図8は本発明の一実施形態である鋳片圧縮力制御装置を適用した連続鋳造機の全体構成を示す図である。かかる連続鋳造機は、モールド1より溶鋼を注湯し、複数のピンチロール3、4により鋳片2を湾曲部から水平部に引き抜いていく、いわゆる湾曲型のものである。ここで、各ピンチロール3、4に対しては、個別にロール駆動電動機及び駆動制御装置が設けられている。本実施形態の鋳片圧縮力制御装置は、代表速度演算部8と、鋳片速度制御装置23と、引抜き抵抗推定装置24と、トルク制御装置25と、個別ロール速度制御装置26と、圧縮力目標値調整装置27と、圧縮力分布設定回路28とを備えるものである。なお、本実施形態において、従来のものと同一の機能を有するものには同一の符号を付すことにより、その詳細な説明を省略する。

【0014】上述した課題を解決するために、本発明では、従来技術である「水平部におけるピンチロールグループではトルク一定制御」という方式をやめ、複数のピンチロールを複数のグループに分け、湾曲部だけでなく

水平部をも含む全グループにて垂下特性つき速度制御を行い、その特性を利用し各グループが発生するトルク（力）を制御する。その際、各グループが発生するトルク（力）が鋳片とロールとのスリップ安全限界トルクまで常に高められるように、グループ間圧縮力目標値を調整する。これにより、常にグループ毎に発生すべきトルク（力）を適切に設定し、鋳片各部位に適正な圧縮力を付与する制御を行う。

【0015】そこで、以下では、まず、①速度制御を行いながら垂下特性を利用して各グループの電動機が発生するトルク（力）を制御する方法を示す。続いて、②連続鋳造機の機内の鋳片全長に渡り部位に応じた適切な圧縮力を与えるために、各々のピンチロールグループが出力すべきトルク（力）設定方法について示す。最後に、③ほぼピンチロールのスリップ安全限界まで高められた圧縮力を付与するための圧縮力目標値調整方法について示す。

【0016】最初に、①垂下特性つきの速度制御とその特性を利用した電動機駆動力（またはトルク）の制御方法について説明する。

【0017】図4に一般的な垂下特性（ドループ（Droop））付きの個別ロール速度制御装置26の回路構成を示す。この個別ロール速度制御装置26は、速度制御装置26aと、垂下率制御装置26bとを有する。本例では、速度制御装置26aの出力電圧の10%をオペアンプの入り側回路に返すことで垂下特性を実現している

（垂下特性率：ドループ率 $\alpha = 0.1 = 10\%$ ）。このように垂下特性を有する速度制御では、電動機トルク指*

$$V_i = V_{iSET} - \alpha_i \cdot V_{0i} \cdot (I_i / I_{0i}) \cdots (1式)$$

と表すことができる。ここで

V_i : i ロール速度 [m/sec]

V_{iSET} : i ロール速度指令 [m/sec]

α_i : i ロール駆動モータ垂下率（Drooping係数）

[-]

V_{0i} : i ロール駆動モータ定格速度 [m/sec]

I_i : i ロール駆動モータ電流 [A]

I_{0i} : i ロール駆動モータ定格電流 [A]

である。また、添字“ i ”はピンチロールの番号を表わす。

【0020】特に、『搬送物の「伸び縮み」、「ロールスリップ」が無視できるほど小さい』という仮定の下で、ライン速度 V （この条件では定常状態にあり、全ロール速度に等しい）が判っている場合には、 $V_i = V$ （既知量）であるため、各ロール速度指令 V_{iSET} により各ロール駆動モータ発生力を制御することが可能となる。

【0021】つまり、 i ロール駆動モータが F_i の力を発生するために必要となる当該ロール速度偏差 $V_{iSET} - V_i$ は、下式のように、Drooping係数、定格速度、定格出力等から定めるパラメータ G_i を所望の駆※50

* 令（≡電動機トルク実績）が+側に増加すると自動的に速度指令を減少させ、逆に電動機トルク指令（≡電動機トルク実績）が-側へ変化した場合は、自動的に速度指令を上昇させる回路となる。制御ブロック図で示すと、速度制御装置26aの出力を垂下率制御装置26bが負帰還させている回路になる。

【0018】このように電動機トルク実績に応じて電動機速度指令を増減する回路の特性により、複数の電動機により駆動される複数のロールによって一つの剛体（この場合は鋳片）を搬送する場合、それぞれの電動機の実績は、与えられた速度指令に対して速度偏差をしゃにむに0にせず、定常状態ではロール間の力平衡が図られ、全ての電動機が速度がバランスし一致するよう作用する（この際、全ての電動機が一致した速度が鋳片の搬送速度となる。）。

【0019】かくのごとく垂下特性とは、電動機の出力トルクに応じて、速度指令を変化させ、複数の電動機出力トルクをバランスさせる手法であるが、逆の見方をすると、この手法により複数の電動機速度がバランスした平衡状態（即ち定常状態）では、各々電動機が出力するトルク（力）はそれぞれの電動機の実績より逆算できることとなる。つまり、上記のように垂下特性付きの速度制御を行う複数の電動機により長尺の剛体を搬送する際における、各電動機が出力するトルク（力）実績は、各々の電動機の実績（＝個別速度指令－搬送速度）、垂下率、電動機容量などにより決まる。具体的には、電動機が発生する力（トルク）を示す電流値 I_i と速度実績 V_i との関係は、図5に示すようになり、

30※動力 F_i に掛けた量とすれば良いことが判る。すなわち、

$$V_{iSET} - V_i = G_i \cdot F_i \cdots (2式)$$

$$G_i = (\alpha_i \cdot V_{0i}^2) / P_i \cdots (3式)$$

となる。ここで、

F_i : i ロール駆動モータ発生力 [N]

α_i : i ロール駆動モータDrooping係数 [-]

V_{0i} : i ロール駆動モータ定格速度 [m/sec]

H_{fi} : i ロール駆動モータ電流を発生力に換算する係数 [N/A]、つまり $F_i = H_{fi} \cdot I_i$

P_i : i ロール駆動モータ定格出力 [W]、即ち $P_i = H_{fi} \cdot I_{0i} \cdot V_{0i}$

である。このように垂下特性を持つ速度制御系においては上記のようなフィードフォワード制御により駆動力を制御することができる。

【0022】なお、以上の説明においては、ロール単位での関係式を示したが、これらの関係式は、複数のロールからなるロールグループ単位の関係に読みかえることもできる。その場合、 P_i は当該グループに含まれる各ロール駆動モータの定格出力の総和となる。

【0023】次に、②鋳片部位に応じた適正圧縮力付与

のためのピンチロールグループトルク（力）の設定方法について説明する。

【0024】任意のロールまたはロールグループ直下で見たローカルな力の釣り合いは、図6のようになり、
 $C_{i-1} + \tau_i = C_i + L_i \dots (4式)$

にて表すことができる。ここで、

τ_i : i グループモータ発生力（トルク）

L_i : i グループでの引抜き抵抗

C_i : $i+1$ 番ロールグループと i 番ロールグループとの間の鋳片圧縮力（ i グループ後方圧縮力）

である。また、ロール径を r とすると、トルク τ_i とモータ発生力 F_i との間には、 $\tau_i = F_i \times r$ なる関係が*

$$\tau_{iSET} = C_{iSET} - C_{i-1SET} + L_{iEST} \dots (5式)$$

のように捉えることが可能となる。これにより、 $i+1$ 番ロールグループと i 番ロールグループとの間の鋳片応力設定値（圧縮力目標値）を C_{iSET} とする鋳片応力設定制御を実現できる。

【0026】また、この際、 i グループでの引抜き抵抗 L_i の推定方法は以下のように行う。つまり、今までの説明はあるロールグループ周辺でのローカルな力の釣り合いを考えたものであったが、鋳片全体に対する外力は、全ロール駆動力の総和と全ロール引抜き抵抗の総和であり、それらの和は鋳片が一定速度で鋳造されている限りにおいては0であることは、慣性の法則より自明である。つまり

$$\sum \tau_i = \sum L_i \dots (6式)$$

となるため、測定可能な τ_i より全ロール引抜き抵抗の総和（ $\sum L_i$ ）は測定可能とみなせる。そこで、引抜き抵抗は鋳片に対するロールの抗力に比例するとの仮定の下に、測定可能な各ピンチロール加圧力により $\sum L_i$ を案分することにより、各 L_i を推定することができる。なお、全ロール引抜き抵抗の総和（ $\sum L_i$ ）は（6式）のごとく全ロール駆動力の総和（ $\sum \tau_i$ ）に等しく、これは鋳片全体の引抜き速度を制御する鋳片速度制御装置23の操作出力であるトータルトルク指令に一致するため、実施においてはこれを利用することとする。

【0027】つまり、以上のように②の考え方にに基づき各ピンチロールグループの発生すべき力（トルク） τ_{iSET} を定め、その力 τ_{iSET} を①の考え方に基いて速度制御により実現するために各ピンチロールグループに対して速度指令補正值 $\Delta V_i = V_{iSET} - V_i$ を与えることによって、速度制御を行いながらおかつ力（トルク）の制御を同時に行えることとなる。

【0028】次に、③ほぼピンチロールのスリップ安全限界まで高められた圧縮力を付与するための圧縮力目標値調整方法について説明する。

【0029】ロールと鋳片とのスリップ安全限界となるトルクは、ピンチロール加圧力及び鋼種が与えられた前提では鋳造スラブ幅に依存することが知られており、従って、スリップ安全限界トルク（力）は、その際の鋳造※50

*ある。通常、ロール径 r は一定であるので、 τ_i と F_i とは同一視することができる。このため、本明細書では、トルク τ_i のことを、「力」とも称している。

【0025】（4式）を変形して、 $\tau_i = C_i - C_{i-1} + L_i$ とする。このとき、 C_i 、 C_{i-1} をそれぞれ、ロールグループ間応力設定値（圧縮力目標値） C_{iSET} 、 C_{i-1SET} とみなし、かつ L_i を推定可能とし、その推定値を L_{iEST} とする。そして、 τ_i を各 i 番ロールグループ駆動力設定値（各グループ毎に出力すべきピンチロールトルク目標値） τ_{iSET} とみなせば、（4式）を

※スラブ幅により理論的あるいは経験的に求めることができるものとする。一方、（5式）にて示したごとく各ピンチロールグループに付与されるトルク（力）目標値 τ_{iSET} は、当該グループの引抜き抵抗 L_{iEST} 及び上下流の圧縮力目標値 C_{iSET} 、 C_{i-1SET} より定まる。このため、時々刻々変動する引抜き抵抗 L_{iEST} に合わせて、（5式）式の右辺が上記のスリップ安全限界トルク（力）に一致するように上下流の圧縮力目標値 C_{iSET} 、 C_{i-1SET} を随時変更することにより、常にスリップ安全限界まで圧縮力目標値を上げ、適正な圧縮力を鋳片に対して付与することができる。

【0030】図7は、本発明の一実施形態である連続鋳造機の鋳片圧縮力制御装置の構成例を示す図である。この例では、従来、湾曲部と水平部という2グループ分割であったグルーピング方式を見直し、複数のピンチロールを6グループに細分化している。かかる鋳片圧縮力制御装置では、図7に示すように、無駆動ロールに設置された鋳片速度計（回転速度計）などから出力される鋳片速度信号21と操業条件などにより決められる鋳片速度目標信号22との偏差が鋳片速度制御装置23に入力する。PI演算により算出された鋳片速度制御装置23の出力 $\sum L_i$ は、引抜き抵抗推定装置24へ入力する。

【0031】引抜き抵抗推定装置24は、各グループに属するロール加圧力設定値のグループ毎の総和に基づいて鋳片速度制御装置23の出力を案分する。つまり、第 i グループのロール加圧力設定値の総和を RP_i とすると、

$$K_i = RP_i / \sum RP_i \dots (7式)$$

にて定まる i グループに対する引抜き抵抗分配率 K_i を鋳片速度制御装置23の出力 $\sum L_i$ に掛けることにより、鋳片速度制御装置23の出力 $\sum L_i$ を各グループ毎の値 L_{iEST} に案分する。その案分された各グループの引抜き抵抗 L_{iEST} はトルク制御装置25によるトルク（力）目標値 τ_{iSET} の演算に使われる。なお、図7では、添字“EST”を省略して示している。

【0032】一方、圧縮力目標値調整装置27は、湾曲

部に属するグループの電動機が出力しているトルク（力）実績信号の総和（あるいはグループ毎のトルク（力）実績信号の総和）をフィードバックし、当該トルク（力）の総和と鋳造幅から決まるスリップ安全限界トルクとを比較する。そして、圧縮力目標値調整装置27は、トルク（力）の総和がそのスリップ安全限界トルクを超えない範囲で（グループ毎の信号の場合は一つでもスリップ安全限界トルクを超えない範囲で）、当該圧縮力目標値調整装置27の出力となる圧縮力変更係数 β をできる限り大きくし、十分な圧縮力が確保できるよう制御する。その圧縮力変更係数 β と各グループ間の基準圧縮力目標値 C'_{iSET} との積が圧縮力目標値 C_{iSET} となり、この圧縮力目標値 C_{iSET} は、上述の引抜き抵抗 L_{iEST} と同様に、トルク制御装置25によるトルク（力）目標値の演算 τ_{iSET} に使われる。なお、ここで湾曲部に属するグループの電動機が出力しているトルク（力）実績信号をフィードバックするのは、水平部に属するグループの電動機が出力しているトルク（力）実績信号は湾曲部のそれに比べ十分小さく、そこでスリップを起こす可能性が極めて低いと判断されるためである。また、図7では、添字“SET”を省略して示している。

【0033】トルク制御装置25は、前記（4式）、（5式）に基づいて各グループが出力すべきトルク（力）目標値 τ_{iSET} を求め、フィードバック制御及びフィードフォワード制御により、各グループの出力トルク（力）が、目標値と一致するように、当該グループに属する個別ロール速度制御装置26の速度目標値に対する速度目標補正量 $\Delta V_i = V_{iSET} - V_i$ を調整する。つまり、（5式）より第 i グループが出力すべきトルク（力）目標値 τ_{iSET} は、第 $i+1$ グループと第 i グループとの間の圧縮力目標値 C_{iSET} と第 i グループと第 $i-1$ グループとの間の圧縮力目標値 C_{i-1SET} との差に、第 i グループの引抜き抵抗 L_{iEST} を加えたものであるから、図7に示すような加減算により各グループのトルク（力）目標値 ΔV_i を計算することとなる。この際、フィードフォワード制御では、（3式）にて示した、垂下特性付き速度制御における i ロール駆動モータ発生力から速度偏差への換算係数 G_i を用いて、各グループへの速度目標補正量 ΔV_i を求める。フィードバック制御では、湾曲部に属するグループでは比例制御を行い、水平部に属するグループでは比例及び積分制御を行う。これは、水平部に属するグループについては、フィードフォワード制御や比例制御だけでは、下部の水平部はどわづかな幅・厚み変化の影響で、速度偏差が設定からずれ易い傾向にあるからである。そして、各グループのトルク制御装置25より出力されるそのフィードバック制御量及びフィードフォワード制御量の和として出力された速度目標補正量 ΔV_i と、基準となる鋳片速度（全体速度）目標信号 V_i と

の和が、各グループに属する個別ロール速度制御装置26の速度目標信号 $V_i + \Delta V_i$ となり、それによりピンチロールに対して個別に速度制御が行われる。なお、この場合は $V_i = V$ （全ロール速度）である。

【0034】次に、図9を用いて圧縮力目標値調整装置27の機能を詳細に説明する。かかる圧縮力目標値調整装置27は、スリップ安全限界トルク算出テーブル33と、デットバンド34と、積分器35と、リミッター36とを有する。ピンチロール加圧力及び鋳片とロールとの摩擦係数などが定まっている前提では、スリップ安全限界トルク（力）は鋳造スラブ幅に依存する。スリップ安全限界トルク算出テーブル33には、スリップ安全限界トルク（力）と鋳造スラブ幅との対応関係が記されている。圧縮力目標値調整装置27は、まず、スリップ安全限界トルク算出テーブル33を用いて、入力された鋳造スラブ幅に関する情報31に基づいて湾曲部ピンチロール全体のスリップ安全限界トルク（力）を求める。次に、そのスリップ安全限界トルク（力）と湾曲部ピンチロールのトータルトルク実績32との偏差を求めた後、その偏差の絶対値にデットバンド（不感帯）34を設け、それを超えた場合に、積分器35で偏差の積分を行う。また、積分器の出力にはリミッター36を設けると共にwindアップを防止するため、積分器出力がリミッター36にかかった場合には積分動作を停止する。こうして求まるリミッター36を通した積分器出力が圧縮力変更係数 β となる。圧縮力目標値調整装置27は、この圧縮力変更係数 β を基準となる各区分点での基準圧縮力目標値 C'_{iSET} に乗ずることにより、圧縮力目標値 C_{iSET} を求める。これにより、その際の引抜き抵抗の変動に応じ、湾曲部ピンチロールトータルトルク実績が変動しても、常にスリップ安全限界トルク（力）いっぱいの圧縮力目標を設定することが可能となる。

【0035】本発明の一実施形態である鋳片圧縮力制御装置を適用した連続鋳造機全体の構成例を図8に示す。前述したように、従来、湾曲部と水平部という2グループ分割であったグルーピング方式を見直し、複数のピンチローラ3を6グループに細分化している。その結果、圧縮力設定ポイントは、従来1点（図1の矯正点5）であったが、本実施形態では、 $P_1 \sim P_5$ まで5点に増加した。これらの設定ポイントにおける圧縮力目標値 C_{iSET} は、各々の設定点における基準圧縮力目標値 C'_{iSET} に圧縮力目標値調整装置27からの出力である圧縮力調整係数 β を乗じたものである。また、従来、ピンチロール制御は、湾曲部については速度制御、水平部についてはトルク制御であったが、本実施例では、ピンチロール制御がすべて垂下特性付きの速度制御に変更され、それに速度補正 $\Delta V_1 \sim \Delta V_6$ が加算される。

【0036】例えば第1グループを例にとると、 ΔV_1 は、次のように算出される。つまり、第1グループトル

11

12

クの目標値 ΔV_1 は、鋳片速度制御装置（代表速度制御装置）23の出力であるトータルトルク指令 ΣL_i に第1グループに対する引抜き抵抗分配率 K_1 を積算したものの（ L_{1EST} ）に、圧縮力分布設定回路28の出力値 A_1 を加算し、この加算したものの（ $A_1 + L_{1EST}$ ）*

$$A_1 = C_{1SET} = \beta \times C'_{1SET}$$

$$A_2 = C_{2SET} - C_{1SET} = \beta \times (C'_{2SET} - C'_{1SET})$$

.....

$$A_i = C_{iSET} - C_{i-1SET} = \beta \times (C'_{iSET} - C'_{i-1SET})$$

.....

10

$$A_6 = -C_{5SET} = -\beta \times C'_{5SET}$$

となる。ここで、 C_{iSET} は、常にピンチロールのスリップ安全限界まで高められた P_i 点における圧縮力目標値（すなわち第 i グループと第 $i-1$ グループとの間の圧縮力目標値）である。

【0038】次に、本実施形態の鋳片圧縮力制御装置の効果を図10および図11を用いて説明する。図10は本実施形態の鋳片圧縮力制御装置による圧縮力変動低減効果を従来制御の場合と対比して示す図であり、図11はそれによってもたらされる品質改善効果を示す図である。

【0039】まず、図10では、異鋼種連続铸造時の繋ぎ目による一時停止時間帯をはさみ、その前後での矯正点近傍における圧縮力変動のタイムチャートを示しており、ここでは、第3ロールグループと第4ロールグループとの間の圧縮力実績を示している。図10から、特に再スタート後の圧縮力変動が新制御では従来制御に比べ低減していることが判る。このように圧縮力の変動を低減できたことから、鋳片の内部割れをもたらし歪みをキャンセルでき、疵発生量が低減されることが期待できる。これに関する調査結果を図11に示す。

【0040】図11は2ストランド連続铸造機にて、一方のストランドを従来制御にて行い、他方のストランドを新制御にて行った場合の同一キャストにおける疵発生量を比較したものである。図11より、新制御を導入したストランドの方が旧制御方式のストランドと比較して特に矯正点近傍（機長1.6m～2.4m）にて狙い通り疵が低減されていることが判明した。

【0041】尚、本発明は上記の実施形態に限定されるものではなく、その要旨の範囲内において種々の変形が可能である。

【0042】

【発明の効果】以上説明したように本発明の連続铸造機の鋳片圧縮力制御装置は、連続铸造機により铸造中の鋳片に対し、引抜きロールの偏芯、ロールの曲がり等により発生している引抜き負荷（抵抗）変動を発生場所である水平部にて除去できないことから生ずる矯正点近傍での過大な応力（圧縮力）変動を低減させ、常に適正な圧縮力を鋳片に対して付与することができるので、鋳片の内部及び表面での割れを防止することができ、良好な鋳

*に換算係数 G_1 を乗じたものになる。

【0037】なお、圧縮力分布設定回路28では、次のように出力値 $A_1 \sim A_6$ を求める。すなわち、図7及び図8に示すように、外部から入力されるロールグループ間の基準圧縮力目標値 C'_{iSET} に基づいて、

※片品質を確保する上で必須の性能をもたす点で極めて有用である。

【0043】特に、鋳片と湾岸部に属するピンチロールとのスリップ安全限界トルクに基づいて所定の圧縮力変更係数を算出し、その算出した圧縮力変更係数を外部より与えられる各グループの間の基準圧縮力目標値に乗ずることによって鋳片に対する圧縮力目標値を調整する圧縮力目標値調整手段を設けることにより、常に当該湾曲部のロール駆動電動機の駆動トルクが略当該湾曲部のスリップ安全限界トルクとなるようにすることができるので、常に適正な圧縮力を鋳片に付与し、良好な鋳片品質を確保することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来の手法による鋳片圧縮力制御システム全体の概要図である。

【図2】従来の圧縮力制御時における湾曲部ピンチロール発生力のタイムチャートである。

【図3】従来の圧縮力制御時における各ピンチロール間での圧縮力変動量分布図である。

【図4】垂下特性付き個別ロール速度制御回路を示すブロック図である。

【図5】垂下特性を示す図である。

【図6】任意のピンチロール直下における力の釣り合いを示す図である。

【図7】本発明の一実施形態である連続铸造機の鋳片圧縮力制御装置の構成図である。

【図8】その鋳片圧縮力制御装置を適用した連続铸造機全体の構成例である。

【図9】本発明の圧縮力目標値調整装置の構成図である。

【図10】本実施形態の鋳片圧縮力制御装置による圧縮力変動低減効果を示すタイムチャートである。

【図11】本実施形態の鋳片圧縮力制御装置による品質改善効果を示すグラフである。

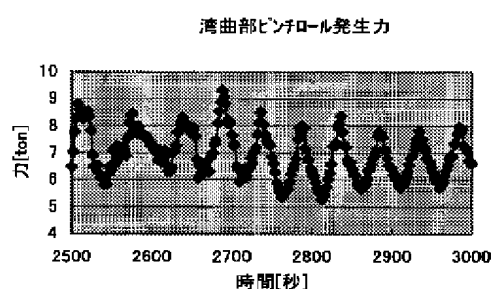
【符号の説明】

- 1 モールド
- 2 鋳片
- 3 湾曲部ピンチロール
- 4 水平部ピンチロール

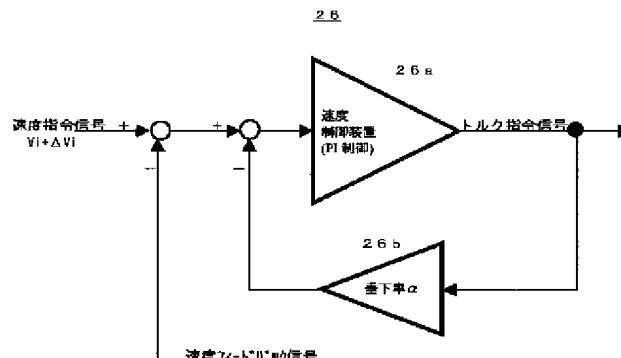
14

- | | | |
|----|------|--------------------|
| | 26 a | 速度制御装置 |
| | 26 b | 垂下率制御装置 |
| | 27 | 圧縮力目標値調整装置 |
| | 28 | 圧縮力分布設定回路 |
| | 31 | 鋳造幅信号 |
| | 32 | 湾曲部ピンチロールトータルトルク信号 |
| | 33 | スリップ安全限界算出テーブル |
| | 34 | デットバンド |
| | 35 | 積分器 |
| 10 | 36 | リミッター |
| | 37 | 圧縮力変更係数 |

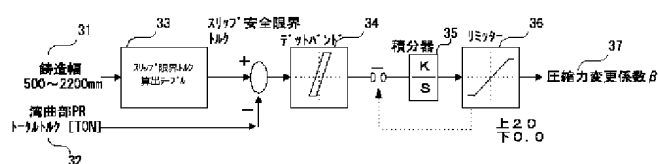
【图2】



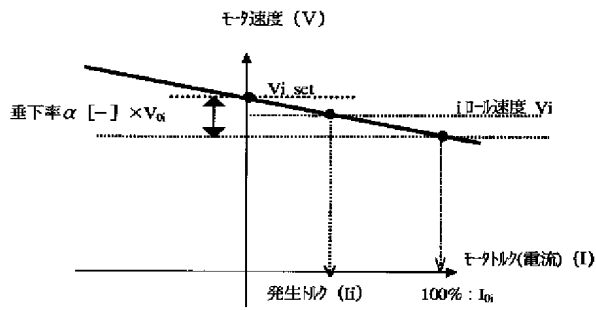
【図4】



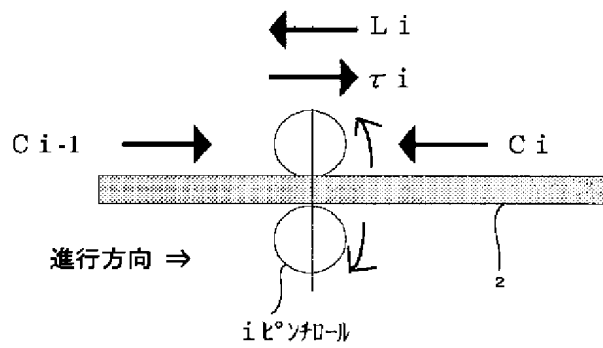
【图9】



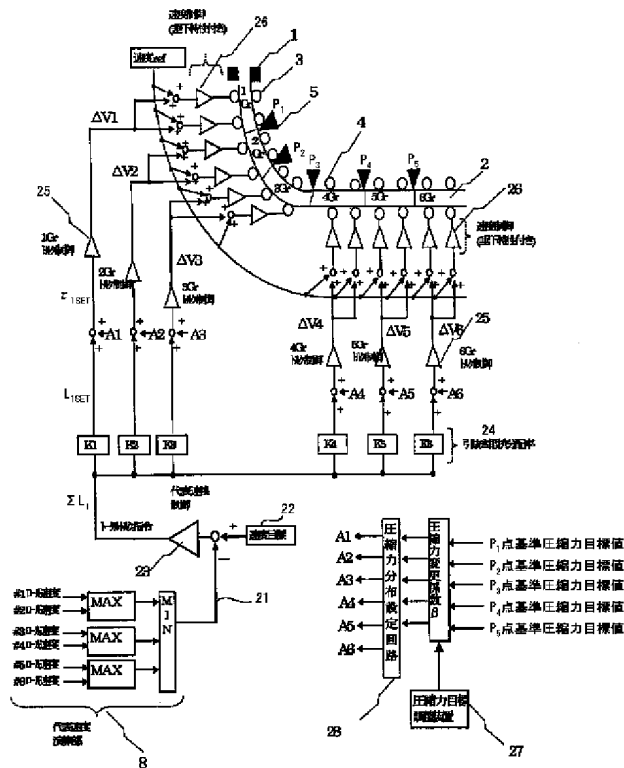
【図5】



【図6】

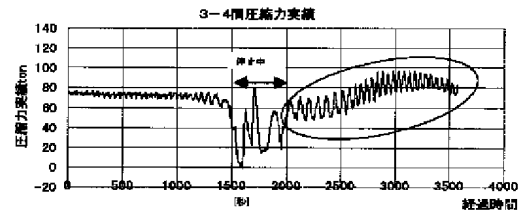


【図8】

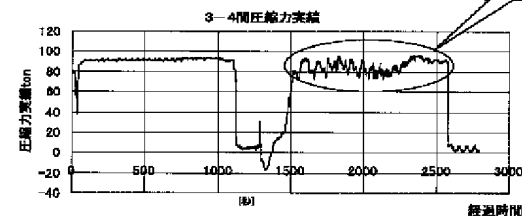


【図10】

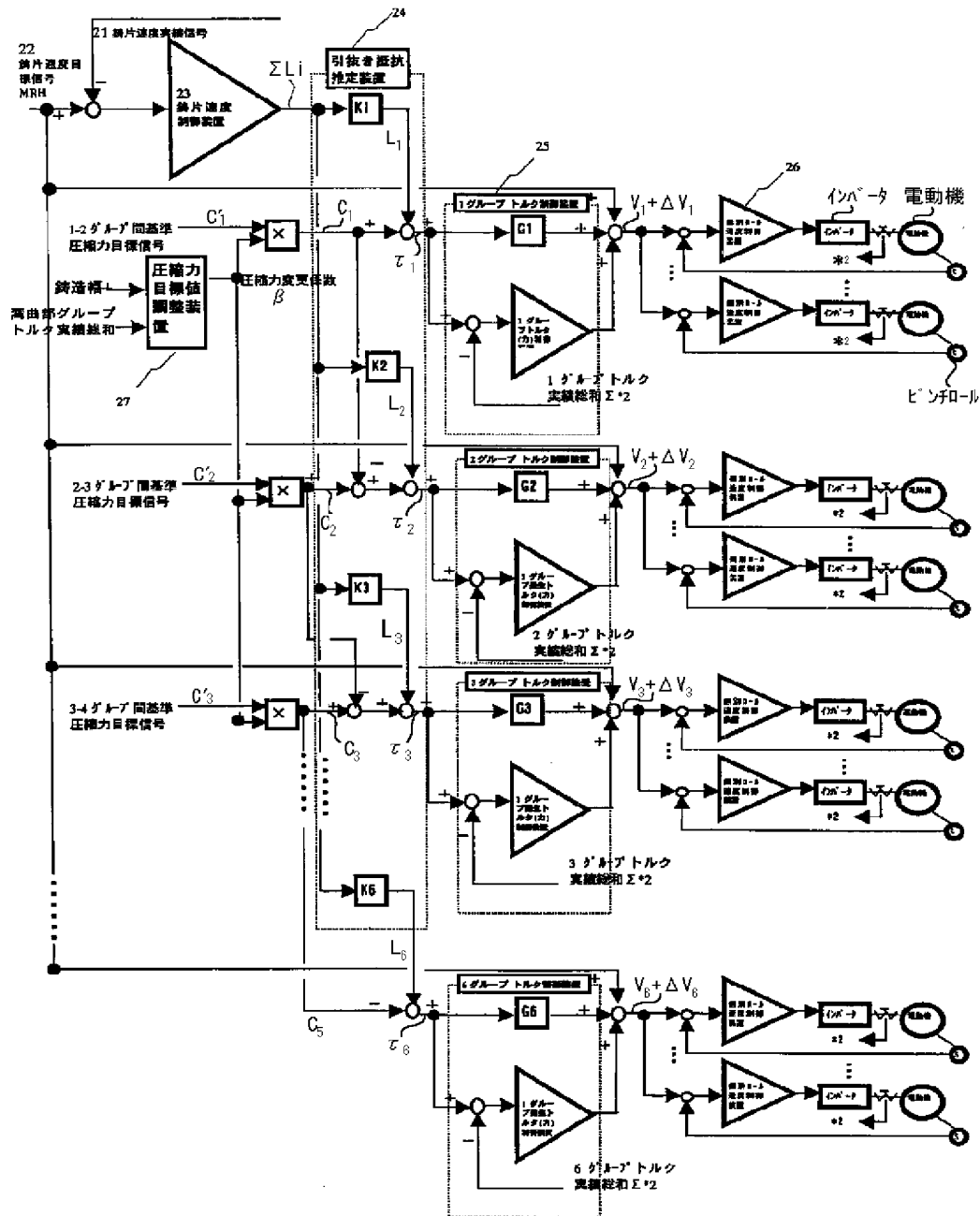
従来制御



新制御

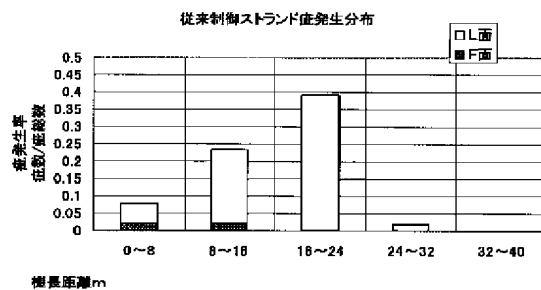


【図7】

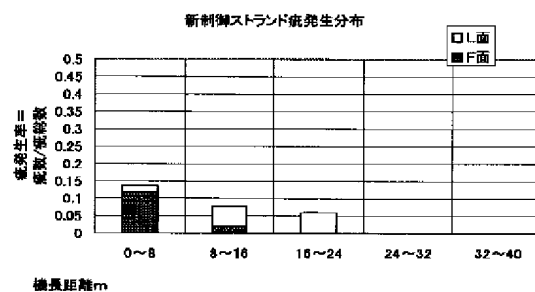


【図11】

従来制御



新制御



PAT-NO: JP02003033854A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2003033854 A
TITLE: EQUIPMENT FOR
CONTROLLING COMPRESSIVE
FORCE OF SLAB INSTALLED IN
CONTINUOUS CASTING
MACHINE
PUBN-DATE: February 4, 2003

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
KUROKAWA, TETSUAKI	N/A
SUZUKI, MEGUMI	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
NIPPON STEEL CORP	N/A

APPL-NO: JP2001218341

APPL-DATE: July 18, 2001

INT-CL (IPC): B22D011/20

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To ensure a high quality cast slab, by reducing fluctuations of compressive force put on the slab due to deflection of a roll during casting or the like, and constantly providing a right

compressive force.

SOLUTION: Equipment for controlling the compressive force of a slab comprises: a device 26 for controlling an individual roll speed to control the roll speed with drooping characteristic of each pinch roll; a device 23 for controlling a slab speed to control the drawing-out speed of a whole slab, corresponding to the transferring speed of the slab; a device 24 for extrapolating the drawing out resistance to extrapolate a drawing out resistance value of each group consisting of multiple pinch rolls which are grouped, based on an output of the device 23 and pinch roll compressed force of each group; and a device 25 for controlling torque which determines a targeted torque value of each group based on a targeted value of compressive force between each group and an extrapolated value of drawing out resistance of each group, carries out a feed back control based on the targeted torque value of each group and the actual output torque of the group, and utilizes the output for a speed correction amount of the device 26.

COPYRIGHT: (C)2003,JPO